

16.06.03

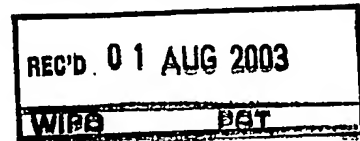
日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

10/517886

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2002年 6月17日



出 願 番 号
Application Number: 特願2002-175667
[ST. 10/C]: [JP2002-175667]

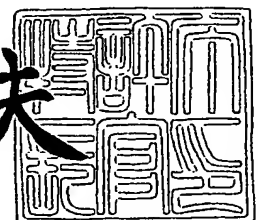
出 願 人
Applicant(s): J F E スチール株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 7月11日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 02J00335

【提出日】 平成14年 6月17日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 C22C 38/18
C22C 38/50

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

【氏名】 矢沢 好弘

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

【氏名】 古君 修

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市中央区川崎町 1 番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

【氏名】 加藤 康

【特許出願人】

【識別番号】 000001258

【氏名又は名称】 川崎製鉄株式会社

【代理人】

【識別番号】 100080159

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡辺 望稔

【電話番号】 3864-4498

【選任した代理人】

【識別番号】 100090217

【弁理士】

【氏名又は名称】 三和 晴子

【電話番号】 3864-4498

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006910

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9712299

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 加工性に優れたTi添加フェライト系ステンレス鋼板

【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量%で、C:0.01%以下、Si:0.5%以下、Mn:0.3%以下、P:0.01%以上0.04%以下、S:0.01%以下、Cr:8%以上30%以下、Al:1.0%以下、Ti:0.05%以上0.5%以下およびN:0.04%以下を含有し、かつ $8 < \text{Ti} / (\text{C} + \text{N}) < 30$ であり、残部が実質的にFeおよび不可避免的不純物からなる組成の鋼において、フェライト結晶粒度が6.0以上で、かつ鋼板中の析出物の平均径 D_p 〔(析出物の長軸長さ+析出物の短軸長さ)/2〕が $0.05\mu\text{m}$ 以上 $1.0\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする加工性に優れたTi添加フェライト系ステンレス鋼板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、加工性に優れたTi添加フェライト系ステンレス鋼板に関するものである。本発明は、ステンレスの精錬工程で各種の原料から鋼中に混入するPを精錬工程で過度に低減することなく、熱延焼鈍板中で析出物として粗大析出、無害化することにより得られる、特に高r値や高延性が要求される深絞り性が必要な用途に好適な加工性に優れたTi添加フェライト系ステンレス鋼板に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

フェライト系ステンレス鋼の加工性を改善する手法として、例えば、CおよびNの低減に加え、TiおよびNbを添加する手法が知られている（特開平3-264652号公報）。また、さらに安価なTi添加フェライト系ステンレス鋼を製造する方法として、高温巻取りによる熱延制御に加え、鋼中のP、S、CおよびN含有量を規定することにより、延性低下、硬質化を招くFeTiPの析出を抑制し、焼鈍省略を可能にする製造方法が知られている（特開平5-32077

2号公報)。

【0003】

同様に、Tiとリン化物、炭化物、窒化物、硫化物を形成するP、C、SおよびN含有量を規定し、リン化物、炭化物および硫化物の熱延巻取り時における析出を抑制することで熱延巻取り時に再結晶を促進し、熱延板焼鈍を省略しても加工性が良好なステンレス鋼の製造方法が開示されている(特開平10-204588号公報)。これら従来技術ではいずれもPは加工性に関して有害な元素とされており、含有量を精錬が可能な範囲で極力低減することが重要であるとされている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

フェライト系ステンレス鋼の加工性(r値、延性など)の改善には、鋼中のCやPの含有量を極力低減することが有効であり、これらに関する精錬技術が種々開発されている。しかしながら、このような鋼中のPやCの精錬による高純度化は、鋼の材質改善に有効であるものの弊害もある。例えば、

(1) 製鋼工程において副生するダストやスラグのリサイクルやスクラップの再利用を考慮すると、これら原料中から不可避免的に混入してくるPやCを所定の限度まで低減するには、製鋼での精錬時間がかかり、生産性を低下させる。

(2) これら元素を低減することで、鋼の粒成長が制御しにくくなり、熱延板粒径の粗大化に伴い、異方性が増大し、リジング(表面凹凸)の発生も顕著になるなどである。

【0005】

本発明は、鋼中にPをある程度残すが、析出物として粗大析出させ、それにより無害化することで、前述した精錬負荷を軽減し、しかも鋼の特性を改善する技術を提供することを目的とする。また、本発明は、現状設備の有効利用を可能にし、リサイクル化、省エネルギー化を達成することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明者は、前記課題を達成すべく、P含有量を種々変化させた商用工程材に

について、炭化物やリン化物の析出挙動が冷延焼鈍板の材質に及ぼす影響について詳細に調査した。その結果、鋼中のPを極力低減し、これらの析出を抑制するのではなく、P含有量を、鋼の精錬工程で原料として、スラグ、ダストの再利用も考慮した範囲で適度に残存させた精錬負荷を軽減した含有量に止め、その一方で鋼板中の析出物のサイズと鋼板のフェライト結晶粒度を所定の範囲に制御することにより、P含有量を極限まで低減しなくても、冷延板の延性、r値が向上することを見出した。

【0007】

本発明は、これらの新たな知見に立脚するものであり、その要旨は以下の通りである。すなわち、本発明は、質量%で、C：0.01%以下、Si：0.5%以下、Mn：0.3%以下、P：0.01%以上0.04%以下、S：0.01%以下、Cr：8%以上30%以下、Al：1.0%以下、Ti：0.05%以上0.5%以下およびN：0.04%以下を含有し、かつ $8 < \text{Ti} / (\text{C} + \text{N}) < 30$ であり、残部が実質的にFeおよび不可避的不純物からなる組成の鋼において、フェライト結晶粒度が6.0以上で、かつ鋼板中の析出物の平均径 D_p [(析出物の長軸長さ+析出物の短軸長さ)/2] が $0.05 \mu\text{m}$ 以上 $1.0 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする加工性に優れたTi添加フェライト系ステンレス鋼板である。

【0008】

【発明の実施の形態】

以下、本発明における各要件の限定理由について説明する。まず、鋼の各元素の含有量について説明する。なお、各元素の含有量は質量%であり、単に%と表示することができる。

(1) C：0.01%以下：

Cは、固溶Cとして含有されると鋼が硬質化（固溶強化）する。また、Cは、粒界にCr系炭化物として析出し、二次加工脆性、粒界の耐食性を低下させる。特に、0.01%を超えると、その影響が顕著となるので、0.01%以下に限定する。なお、精錬負荷や析出物制御の観点から、その含有量は0.002%超、0.008%以下が好ましい。

【0009】

(2) Si : 0.5%以下:

Siは、耐酸化性、耐食性の向上に有効な元素であり、大気環境での耐食性を向上させる。また、脱酸剤として鋼中の酸素除去に用いられる。しかしながら、Si含有量が多くなると、固溶Siの増加に伴い鋼が硬質化し、延性も低下するので、0.5%を上限とする。好ましくは0.05%以上0.2%以下である。

【0010】

(3) Mn : 0.3%以下:

Mnは、耐酸化性を改善するのに有効な元素であるが、過剰に含有すると鋼の靱性を劣化させ、溶接部の耐二次加工性をも劣化させるので、0.3%以下に限定する。好ましいのは0.15%以上0.25%以下である。

【0011】

(4) P : 0.01%以上0.04%以下:

Pは、粒界に偏析し、鋼を脆化する。また、固溶すると鋼を硬質化し、延性を低下させる。さらに、溶接部の耐二次加工脆性および高温疲労特性の観点から、低い方が好ましい。しかし、過度の低減は、リサイクルを考慮した場合、製鋼コストの上昇を招く。また、P含有量が少なくなると、溶解度積から明らかなように、FeTiPの形成温度を低下させ、サイズも小さくなる。また、析出物が小さくなると、熱延歪みにより析出物の安定性が低下するので、Pを熱延焼鈍板で比較的粗大な析出物として存在させるためには適度なPの残存が重要である。鋼の精錬負荷および析出物制御という観点から適正範囲は0.01%以上0.04%以下であり、より好ましくは0.015%以上0.030%以下である。

【0012】

(5) S : 0.01%以下:

Sは、鋼の耐食性を低下させる。ただし、 $Ti_4C_2S_2$ として析出し、鋼中の固溶Cを高温で安定析出物の形で固定することができるため、ある程度含有していても影響は少ない。そこで、製鋼時の脱硫処理にかかる経済的負担を考慮して、その含有量は0.01%以下とする。特に良好な加工性が要求される場合には、0.003%以下とする。

【0013】

(6) Cr: 8%以上30%以下:

Crは、耐食性の向上に有効な元素である。しかし、十分な耐食性を確保するためには、8%以上含有する必要がある。なお、海岸環境や溶接部も含めた耐食性を確保するためには、不動態皮膜が安定になる11%以上の含有が好ましい。一方、Crは鋼の加工性を低下させ、特に30%を超えると、その影響が顕著になるとともに、他の元素との複合作用により、 σ 相や χ 相の析出で鋼が脆くなるので、30%を上限とする。好ましくは15%以上20%以下である。

【0014】

(7) Al: 1.0%以下:

Alは、製鋼における脱酸剤として必要であるが、過度の添加は酸化物系介在物を生成する。その結果、表面外観および耐食性を劣化するので1.0%以下とする。好ましくは0.01%以上0.2%以下である。

【0015】

(8) Ti: 0.05%以上0.5%以下、かつ $8 < \text{Ti} / (\text{C} + \text{N}) < 30$ [不等式中Ti、CおよびNは、鋼中のそれぞれの成分の含有量(質量%)を表す]:

Tiは、固溶C、Nを炭窒化物、PおよびSを FeTiP 、 $\text{Ti}_4\text{C}_2\text{S}_2$ や TiS のようなリン化物、硫化物として固定して、耐食性の改善および加工性を向上させる効果を有している。ただし、0.5%を超えると固溶Ti量が増加し鋼の硬化、延性低下、靱性低下を招くため、0.5%を上限とする。一方、0.05%未満では、C、N、PおよびSを十分粗大な析出物として析出させ、無害化することができないため、0.05%以上が必要である。好ましくは0.1%以上0.3%以下である。なお、TiはCまたはNと安定な炭化物、窒化物を形成するため、 $8 < \text{Ti} / (\text{C} + \text{N}) < 30$ を合わせて満たす必要がある。好ましくは $10 < \text{Ti} / (\text{C} + \text{N}) < 15$ である。

【0016】

(9) N: 0.04%以下:

Nは、含有量が適正であれば、粒界を強化し、靱性を向上させるが、0.04

%を超えると、窒化物となって粒界に析出し、耐食性への悪影響が顕著になる。また、TiとTiNを形成し、冷延板、特に光沢品の擦り傷の原因になるので、上限を0.04%とする。精錬負荷をも考慮すると0.005%以上0.020%以下が好適である。

【0017】

本発明の鋼は、前記成分のほかは、Feおよび不可避免の不純物を含有することを基本とする。ただし、粒界脆性改善の観点から0.3%以下のNi、Cu、Coおよび0.01%以下のBのうちいずれか一種以上を含有することを妨げない。また、Nb:0.5%以下、Zr:0.5%以下、Ca:0.1%以下、Ta:0.3%以下、W:0.3%以下、V:0.3%以下、およびMo:2.0%以下についても耐食性改善の観点からそのいずれか一種以上を含有することを妨げない。

【0018】

本発明は、前記の鋼成分組成に加えて、鋼板中の析出物の平均径 D_p 〔(析出物の長軸長さ+析出物の短軸長さ)/2〕とフェライト結晶粒度を特定の範囲に規定する。これらの平均径 D_p とフェライト結晶粒度に着目した理由は以下の通りである。

本発明は、特に鋼板のリサイクルを繰り返すことにより上昇する鋼中のP含有量を、従来と同等の精錬負荷により0.01~0.04%の範囲に止め、析出する炭化物やリン化物のサイズを所定の大きさ以上に粗大化させることで、無害化し、さらにこれら析出物のピンニング効果を利用することにより、鋼板の結晶粒の粗大化を制御し、延性、リジニングのみならず、機械的特性の異方性を合わせて改善するものである。ここで、炭化物やリン化物などの析出物は一定形状ではないので、そのサイズを評価するにあたって、鋼板中の析出物の平均径 D_p を採用することにした。

【0019】

なお、平均径 D_p は試験片の圧延方向断面を10%AA液(10%アセチルアセトン-1%塩化テトラメチルアンモニウム-メタノール)で電解した後、抽出レプリカを採取し、透過型電子顕微鏡(加速電圧200kV)で2万~20万倍

の倍率で100個観察し、(析出物の長軸長さ+析出物の短軸長さ)の平均値を平均析出物径 D_p と定義した。析出物が完全に球形である場合は、長軸長さ=短軸長さとなるので、平均径 D_p としては単にその直径を用いればよいが、現実には球形でないことの方が多い。そこで、析出物の大きさの指標として、その最も長手方向を長軸とし、これに直交する方向を短軸とし、これらの長さの平均値を前記のように平均析出物径 D_p と定義した。

なお、リン化物や炭化物、その他の析出物の析出温度や析出速度は、析出物を形成する元素の含有量により変化するが、これら元素の含有量が多いほど高温、短時間で析出する傾向にある。そこで、成分に合わせて適宜、析出ノーズ近傍における温度に合わせた箱焼鈍が有効である。

【0020】

(11) 平均径 D_p [(析出物の長軸長さ+析出物の短軸長さ)/2] : 0.05 μm 以上1.0 μm 以下:

鋼板中の析出物は一般に鋼板の加工性を損なうものとして知られている。しかし本発明の鋼板では析出物を平均径 D_p として、0.05 μm 以上1.0 μm 以下の範囲で粗大析出させると、逆に無害化され、しかも母相の高純度化が図られ、鋼板の高加工性が達成できる。また、0.05 μm 以上1.0 μm 以下の範囲の平均径 D_p を熱延焼鈍板の段階で達成した鋼板をさらに冷間圧延する場合には、再結晶温度が低下するとともに、熱延板中の固溶CおよびP量が減少し、r値向上に有効な{111}集積への集合組織の発達が顕著になる。したがって、析出物の平均径 D_p は本発明の重要な要件の一つである。

【0021】

なお、再結晶温度が低下することで、中間もしくは仕上げ焼鈍温度が低温化され最終冷延板中の固溶CおよびP量の低減により、鋼の軟質化、高延性化、低YS化が達成される。ただし、析出物の平均径 D_p が0.05 μm 未満の微細析出の場合、冷延歪みにより析出物の安定性が低下するので、冷延板焼鈍でPが再溶解し、鋼を硬質化するとともに微細析出することで、析出強化により鋼が硬質化し、しかも微細析出物は{111}集積への集合組織発達を抑制するため、材質を低下させることになる。そこで、析出物の平均径 D_p の下限を0.05 μm と

した。なお、析出物の平均径 D_p が $1.0\mu m$ を超えると延性改善には有効ではあるが、 r 値が急速に低下する。これは、粗大析出物の周囲に冷間圧延により異常加工組織が形成され $\{110\}$ 再結晶方位が形成されやすくなるためと考えられる。このような理由から、鋼板中の析出物の平均径 D_p を $0.05\mu m$ 以上 $1.0\mu m$ 以下とする。好ましくは $0.02\mu m$ 以上 $0.6\mu m$ 以下である。

【0022】

(12) 鋼板のフェライト結晶粒度: 6.0以上:

熱延焼鈍板の結晶粒度は、冷延焼鈍板のリジングや r 値に影響を及ぼす。粒径は微細なほど再結晶の核生成サイトになる粒界が多くなるため、最終冷延板の $\{111\}$ 集積度を高めるため r 値に有利である。このように、熱延板の結晶粒径と冷延鋼板の r 値の間には、良い相関があり、結晶粒の粗大化に伴い、リジング、機械的性質の異方性が増大し、 r 値が低下する。これらの理由から、鋼板のフェライト結晶粒度の下限を6.0とした。なお、中間焼鈍を含んだ3回焼鈍、2回冷延の中間焼鈍板の場合、6.5以上とすることが好ましい。ここに、本発明で言う結晶粒度はすべてJIS G0552 (鋼のフェライト結晶粒度試験方法) に定める切断法で測定したものであり、圧延方向(L方向)断面における倍率100倍の観察面について5視野観察し、その平均値として求めた。

【0023】

鋼板が冷間圧延と仕上げ焼鈍を経て製造されたものであっても、鋼板のフェライト結晶粒度は6.0以上である必要がある。仕上げ焼鈍板のフェライト結晶粒径(仕上焼鈍後のフェライト結晶粒径)は、成形加工後の肌荒れに影響を及ぼす。結晶粒を大きくすることで、延性や r 値の向上が可能になるが、結晶粒度番号が6.0未満になると、結晶粒径の粗大化に伴い、加工後の製品表面にオレンジピールと呼ばれる肌荒れが生じ、外観を損ねるばかりか、肌荒れに起因して耐食性の劣化、成形性の低下を招く。そこで、仕上げ焼鈍板の結晶粒度は6.0以上、好ましくは6.5以上を必要とする。

【0024】

次に、本発明の高加工性フェライト系ステンレス鋼板を製造する好ましい方法について説明する。

本発明の鋼板は、製鋼工程、熱間圧延工程、熱延板焼鈍工程（箱焼鈍）、酸洗工程を経て製造された熱延鋼板である。熱間圧延工程におけるスラブ加熱温度、熱間粗圧延条件、熱間仕上げ圧延条件、さらに熱延板焼鈍工程における焼鈍温度を調整することにより、より加工性が改善された冷延焼鈍板の製造が可能となる。また、このように製造された熱延鋼板をさらに、冷間圧延工程、仕上げ焼鈍工程（連続焼鈍）を経て冷延鋼板としてもよい。

以下、これらについて工程順に説明する。

【0025】

スラブ加熱温度：950～1150℃：

スラブ加熱温度が低すぎると、粗圧延で所定の条件で熱間圧延することが困難となり、一方、加熱温度が高すぎると、熱延板で組織が粗大化し、板厚方向で集合組織が不均一になる。また、 $Ti_4C_2S_2$ が再溶解し、鋼中にCおよびSが固溶してしまう。このため、スラブ加熱温度は950～1150℃の範囲とする。好ましい温度範囲は1000～1100℃である。

【0026】

熱間粗圧延：

熱間粗圧延（以下、単に粗圧延と言う）の少なくとも1パスを圧延温度850～1100℃、圧下率40％／パス以上として行う。粗圧延の圧延温度が850℃未満では、再結晶が進みにくく、仕上げ焼鈍板の加工性が劣り、面内異方性が大きくなるほか、圧延ロールへの負荷が大きくなり、ロール寿命が短くなる。一方、1100℃を超えると、フェライト結晶粒が圧延方向に伸びた組織になり、異方性が大きくなる。したがって、粗圧延の圧延温度は850～1100℃にする必要がある。好ましい温度範囲は850～1000℃である。

【0027】

また、粗圧延の圧下率が40％／パス未満では、板厚方向の中心部にバンド状の未結晶部分が大量に残存するため、冷延板にリジリングが発生し加工性が劣化する。ただし、粗圧延の1パス当たりの圧下率が60％を超えると圧延時に焼き付けを起こし、噛み込み不良を生じるおそれがあるので、圧下率40～60％／パスの範囲が特に好ましい。なお、鋼の高温強度が低い材料では、粗圧延時に鋼板

表面に強い剪断歪みが生じ、板厚中心部に未再結晶組織が残留するとともに、粗圧延時に焼付を生じることもあるので、このような場合には、必要に応じて、摩擦係数0.3以下になるような潤滑を施してもよい。前述した圧延温度と圧下率の条件を満たす粗圧延を、少なくとも1パス行うことにより、深絞り性が改善される。この1パスは粗圧延のどのパスで行ってもよいが、圧延機的能力を考えると、最終パスで行うのが最も好ましい。

【0028】

熱間仕上げ圧延：

粗圧延に続く熱間仕上げ圧延（以下、単に仕上げ圧延と言う）では、少なくとも1パスを圧延温度650～900℃、圧下率20～40%/パスで行うことが好ましい。圧延温度が650℃未満では、変形抵抗が大きくなって、20%/パス以上の圧下率を確保することが難しくなるとともに、ロール負荷が大きくなる。一方、仕上げ圧延温度が900℃を超えると圧延歪みの蓄積が小さくなり、次工程以降における加工性改善効果が小さくなる。このため、仕上げ圧延温度は650～900℃、好ましくは700～800℃の範囲である。

【0029】

また、仕上げ圧延時に、圧延温度650～900℃での圧下率が20%未満であると、r値の低下やリジニングの原因になる{100} // ND、{100} // NDコロニーが大きく残存する。一方、40%を超えると噛み込み不良や形状不良を引き起こし、鋼の表面性状劣化を招く。よって、仕上げ圧延において、圧下率20～40%の圧延を少なくとも1パス以上とする必要がある。好ましい範囲は25～35%である。前述した圧延温度と圧下率の条件を満たす仕上げ圧延を少なくとも1パス行えば、深絞り性が改善される。その1パスはどのパスで行ってもよいが、圧延機的能力から最終パスで行うのが最も好ましい。

【0030】

熱延板焼鈍（箱焼鈍）：

本発明では、所定のサイズに熱延板中の析出物を粗大化することが重要である。手法として熱延、巻取り温度を規制すること、あるいは連続焼鈍に比べ長時間の箱焼鈍を施すことが挙げられる。いずれにしても、熱延板中の固溶CおよびP

を析出物として、前述した平均径 D_p $0.05\mu\text{m}$ 以上 $1.0\mu\text{m}$ 以下の範囲内で粗大析出させ、無害化することが肝要である。これにより、鋼の加工性が向上するので、熱延板焼鈍は最重要な条件である。最適温度条件はFeTiPおよびTiCの析出ノーズ近傍であるため、最適温度は鋼中のTi、P、C、SおよびNや熱延巻取り条件によって左右されることは言うまでもない。ただし、これら析出物の析出が最も促進される温度範囲の $650\sim 850^\circ\text{C}$ が焼鈍温度または均熱保持温度の好適範囲である。箱焼鈍の保持時間、熱延条件、巻取りまたは冷却工程での保持時間または冷却速度は、前記析出物の平均径 D_p サイズ $0.05\sim 1.0\mu\text{m}$ が得られるように定める。例えば最も効果のある箱焼鈍を例にすると、好ましい保持時間は $1\sim 10$ 時間の範囲である。

【0031】

冷間圧延：

冷間圧延は、必要に応じて $600\sim 900^\circ\text{C}$ の中間焼鈍を挟んで2回以上行うこととし、全圧下率を75%以上か、(1回目の冷延の圧下率) / (最終冷延の圧下率) で表される圧下比を $0.7\sim 1.3$ となるように行うのが好ましい。そして、最終冷延直前におけるフェライト結晶粒度を好ましくは6以上、より好ましくは6.5以上とする。中間焼鈍温度が 600°C に満たない場合には、再結晶が不十分となり、 r 値が低下するとともに、未再結晶バンド状組織に起因してリジングが著しくなる。一方、 900°C を超えると中間焼鈍板組織が粗大化するとともに、炭化物やリン化物が再固溶し、析出物を所定の大きさに保てないばかりか、鋼中に固溶CおよびPが増加し、深絞り性に好適な集合組織の形成を阻害する。なお、全圧下率の増大は仕上げ焼鈍板の $\{111\}$ 集合組織の発達に寄与し、 r 値向上に有効である。

【0032】

さらに、本発明における冷間圧延では、タンデム圧延機を採用することにより、2回以上の冷間圧延のいずれもがロール径を $300\text{mm}\phi$ 以上のワークロールにより1方向に圧延するのが好ましい。被圧延材の剪断変形を低減し、 $(222) / (200)$ を高めて r 値の向上を図るためには、ロール径と圧延方向の影響を考慮することが好ましい。通常、ステンレス鋼の最終冷間圧延は、表面光沢

を得るために、ロール径が例えば、200mm ϕ 以下と小さいワークロールを用いて行われるが、本発明では、特にr値の向上を目的とするので、最終冷間圧延においてもロール径が300mm ϕ 以上の大径ワークロールを使用することが好ましい。

【0033】

すなわち、ロール径が100～200mm ϕ のリバース圧延に比べ、300mm ϕ 以上のロール径を有する1方向圧延であるタンデム圧延を用いると、表面での剪断変形を低減し、r値を高める上で効果的である。圧延のワークロールを大径ロールでしかも一方向圧延（タンデム圧延）とすることにより（222）が増大する。より高いr値を安定して得るために、線圧（圧延荷重／板幅）を増大させて板厚方向に均一に歪みを与える必要があり、そのために、熱延温度の低下、高合金化、熱延速度の増加を任意に組み合わせて行うことも有効である。

【0034】

仕上げ焼鈍：

仕上げ焼鈍は、高温ほど{111}粒が選択的に成長し、高r値が達成される。仕上げ焼鈍温度が低温で、未再結晶組織が残存した場合、加工性が阻害される。r値の増大を図るには、高温仕上げ焼鈍が有効であるが、その反面で結晶粒が大きくなり、加工後の肌荒れが生じて、成形性限界の低下と耐食性の劣化をもたらす。このため、仕上げ焼鈍温度は結晶粒度6.0以上を確保できる範囲で高温ほど好ましい。なお、本発明の特徴は、特にPをFeTiP、CをTiC他のリン化物、炭化物として粗大析出し、無害化することにある。しかしながら、これら析出物は850℃以上で溶解が進む。例え、急速加熱短時間保持の連続焼鈍であっても900℃を超える熱処理では、これら析出物の溶解が進行するので、好適温度の上限を900℃とした。なお、仕上げ焼鈍温度の下限は再結晶温度からであるが、好ましいのは結晶粒度が6.5～7.5の範囲に入る温度である。

【0035】

以上説明した本発明の鋼板を用いて、溶接によりパイプに組み立てる場合には、TIG、MIG、ERWを始めとするアーク溶接、電縫溶接、レーザー溶接など、通常の溶接方法がすべて採用できる。

【0036】

【実施例】

(発明例1～11、比較例1～8)

表1に示すPなどの成分組成(残部が実質的にFe)の鋼スラブ1～4からなる鋼を、下記条件(スラブ加熱温度1100℃、粗圧延温度990℃、粗圧延の圧下率35%、仕上げ圧延温度752℃、仕上げ圧延の圧下率30%)で熱間圧延し、次いで、下記条件(箱焼鈍温度830℃、箱焼鈍保持時間10時間、中間焼鈍温度850℃、全圧下率85%、圧下比1.0、仕上げ焼鈍温度900℃)で熱延板を焼鈍して熱延鋼板を製造した。なお、鋼2については、さらに板厚が徐々に5mm, 2.3mm, 0.8mmに圧延する工程で、中間焼鈍を挟む3回焼鈍2

回冷延法による冷間圧延、仕上げ圧延を行った。

【0037】

熱延鋼板および冷延鋼板の特性を調べた。

熱延鋼板および仕上げ焼鈍板の圧延方向(L方向)断面でフェライト結晶粒の粒度番号をJIS G0552に規定された切断法に準拠して求めた。また、JIS 13号B試験片を用い、熱延焼鈍板および冷延焼鈍板のYS、TS、Elを測定するとともに、15%の単軸引張予歪を与えて、3点法に従う各方向のr値(r_L , r_D , r_C)を求め、次式により平均r値および Δr を計算し、n数3点の平均値を求めた。

【0038】

平均 $r = (r_L + 2r_D + r_C) / 4$ 、

$\Delta r = (r_L - 2r_D + r_C) / 2$ 。

(ただし、 r_L , r_D および r_C は、それぞれ圧延方向、圧延方向に対して45°の方向、圧延方向に対して90°の方向のr値を表す。)

【0039】

さらに、耐肌荒れを示す鋼板表面のうねり高さは、鋼板の圧延方向からJIS 5号試験片を切り出し、#800湿式研磨後、25%の引張歪みを加えた後、表面に発生した肌荒れを、引張方向に垂直な方向に触針法で1cmの長さ測定した

表面粗度の値 R_y で評価した。なお、測定は試験片の長手方向中央から $\pm 10\text{ mm}$ の範囲で長手方向に 5 mm 間隔で 5 点測定し、最大 10 点の平均粗さを求めた。

【0040】

耐リジング性の評価は圧延方向から切り出した JIS 5 号試験片を両面 #600 湿式研磨紙で研磨し、20% 引張った後、それぞれの試験片の引張り方向と垂直方向の試験片中央部を粗度計を用いて測定したうねり高さを下記の A から E の 5 段階で評価した。ランク A は $15\text{ }\mu\text{ m}$ 以下、ランク B は $30\text{ }\mu\text{ m}$ 以下、ランク C は $45\text{ }\mu\text{ m}$ 以下、ランク D は $60\text{ }\mu\text{ m}$ 以下、ランク E は $60\text{ }\mu\text{ m}$ 超である。

【0041】

リジングがランク C 以下になると r 値や延性を向上させても成形限界が低下するため、A と B を合格 (○) とした。また、精錬にかかる負荷を所要時間に換算して評価した。なお、スクラップやダスト、スラグのリサイクルのない溶鋼を P 含有量 0.015% まで低減するのに要する精錬時間を標準とし、標準時間に対し 150% 以上の時間がかかる場合を不合格 (×)、70% 以下の時間に低減できる場合を合格 (◎) として評価した。なお、精錬時に発生するダスト、スラグをリサイクルする場合、溶鋼に混入する P 量が多くなるので、精錬負荷が大きくなる。

【0042】

【表1】

鋼	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N	Mo	Al	Ti	Ti/ (C+N)	備考
1	0.004	0.1	0.25	0.046	0.003	16.2	0.11	0.008	0.01	0.02	0.159	13.3	比較鋼
2	0.004	0.1	0.24	0.038	0.003	16.1	0.12	0.008	0.01	0.02	0.161	13.4	発明鋼
3	0.005	0.11	0.25	0.013	0.003	16.1	0.11	0.008	0.01	0.02	0.160	12.3	発明鋼
4	0.005	0.1	0.25	0.008	0.003	16.2	0.11	0.008	0.01	0.02	0.155	11.9	比較鋼

注) NiおよびMoは不可避免の不純物である。

【0043】

【表2】

表 2

例	鋼	Dp μm	熱延板 粒度	冷延板 粒度	YS MPa	TS MPa	El %	平均r値	Δr	リジン グラン ク	表面 粗さ μm	精錬 時間
比較例1	1	0.12	6.1	—	280	444	31.8	1.05	0.21	B	0.08	◎
発明例1	2	0.1	6.2	—	263	429	34.1	1.15	0.13	B	0.10	○
発明例2	3	0.11	6.2	—	250	422	35.3	1.22	0.13	B	0.07	○
比較例2	4	0.12	6	—	243	418	35.6	1.24	0.14	B	0.08	×
比較例3	2	0.03	6	—	281	450	32.5	1.08	0.11	B	0.08	○
発明例3	2	0.07	6.1	—	265	432	33.6	1.16	0.13	B	0.09	○
発明例4	2	0.25	6.1	—	255	430	34.1	1.25	0.15	B	0.11	○
発明例5	2	0.61	6.1	—	253	429	34.6	1.21	0.15	B	0.11	○
発明例6	2	0.88	6.1	—	251	429	34.8	1.16	0.17	B	0.09	○
比較例4	2	1.15	6.1	—	248	425	35.1	1.04	0.15	B	0.09	○
比較例5	2	0.28	4.5	—	245	420	31.4	1.04	0.41	D	0.45	○
比較例6	2	0.24	5.5	—	252	428	34.9	1.2	0.31	C	0.25	○
発明例7	2	0.25	6.5	—	259	433	34.2	1.27	0.17	B	0.07	○
発明例8	2	0.27	7.1	—	260	435	33.8	1.31	0.08	B	0.05	○
比較例7	3	0.11	6.2	4.5	243	425	30.8	1.69	0.37	D	0.48	○
比較例8	3	0.11	6.2	5.6	255	432	34.8	1.9	0.32	C	0.32	○
発明例9	3	0.11	6.2	6.2	257	435	34.3	2.03	0.15	B	0.08	○
発明例10	3	0.11	6.2	6.8	259	438	33.8	2.01	0.11	B	0.06	○
発明例11	3	0.11	6.2	7.1	262	439	33.1	1.88	0.07	A	0.03	○

【0044】

【発明の効果】

本発明のTi添加フェライト系ステンレス鋼は、鋼中にPを従来よりも多く残存させても、従来の連続焼鈍材を超える高延性、低YS、高r値を有しており、加工性に優れている。このため、精錬工程において、安価な原料であるP含有スクラップや、産業廃棄物処分の困難なスラグやダストをリサイクル使用することができる利点を有する。

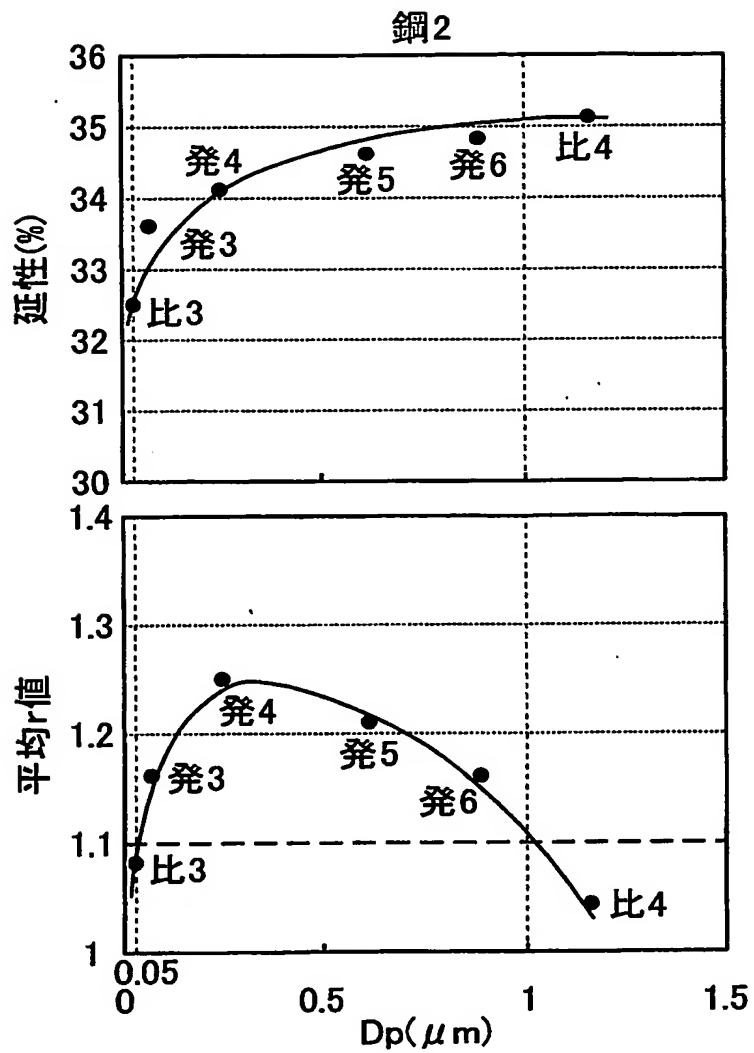
【図面の簡単な説明】

【図1】 析出物径Dpと、平均r値および延性との関係を示すグラフ。

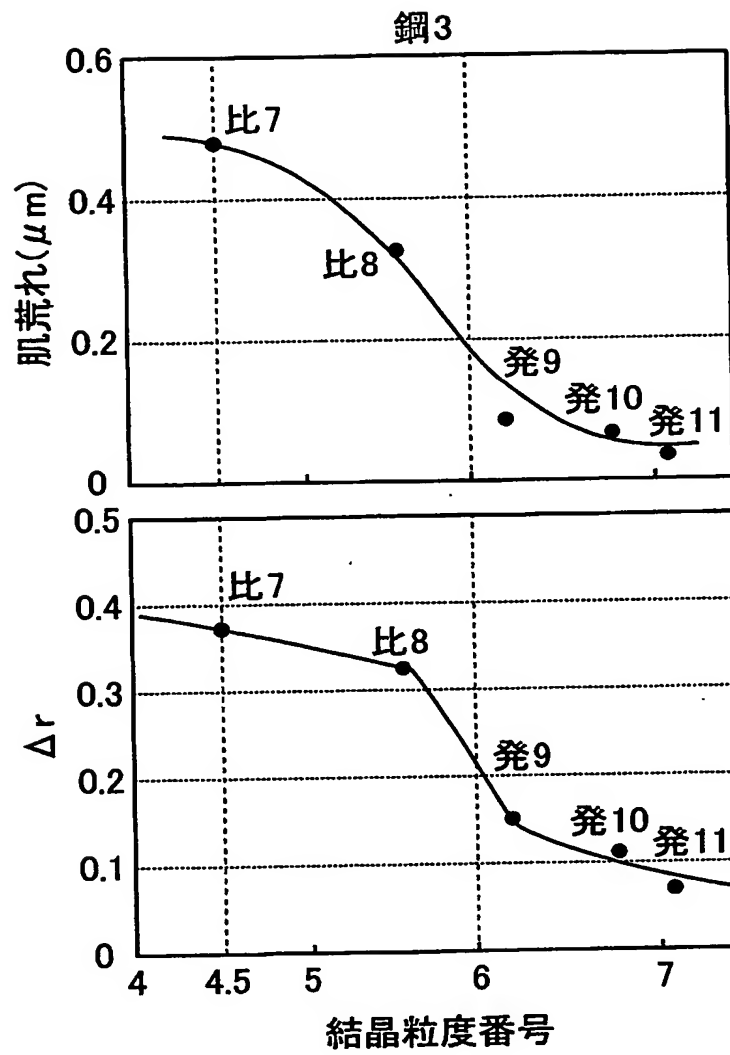
【図2】 冷延焼鈍板の結晶粒度と、冷延焼鈍板のΔr（異方性）および肌荒れとの関係を示すグラフ。

【書類名】 図面

【図1】



【図2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 精錬負荷を軽減し、しかも鋼の加工特性に優れたTi添加フェライト系ステンレス鋼の提供。

【解決手段】 質量%で、C：0.01%以下、Si：0.5%以下、Mn：0.3%以下、P：0.01%以上0.04%以下、S：0.01%以下、Cr：8%以上30%以下、Al：1.0%以下、Ti：0.05%以上0.5%以下およびN：0.04%以下を含有し、かつ $8 < \text{Ti} / (\text{C} + \text{N}) < 30$ であり、残部が実質的にFeおよび不可避的不純物からなる組成の鋼において、フェライト結晶粒度が6.0以上で、かつ鋼板中の析出物の平均径 D_p 〔(析出物の長軸長さ+析出物の短軸長さ)/2〕が $0.05 \sim 1.0 \mu\text{m}$ であるTi添加フェライト系ステンレス鋼板。

【選択図】 なし

特願 2002-175667

出願人履歴情報

識別番号

[000001258]

1. 変更年月日

1990年 8月13日

[変更理由]

新規登録

住 所

兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

氏 名

川崎製鉄株式会社

2. 変更年月日

2003年 4月 1日

[変更理由]

名称変更

住所変更

住 所

東京都千代田区内幸町二丁目2番3号

氏 名

JFEスチール株式会社